

电缆通道技术规范

Technical specifications for cable channels

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	4
4 总的要求	5
5 电缆通道选型	5
6 直埋设计	6
7 保护管设计	6
8 电缆沟设计	8
9 电缆隧道设计	9
10 桥梁敷设设计	12
11 水下敷设设计	13
12 综合监控设计	14
13 消防	15
14 标识标牌	15
15 环境保护和水土保持	16
16 施工及验收	16

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由湖南省住房和城乡建设厅提出并归口。

本文件起草单位：长沙电力设计院有限公司、国网湖南省电力有限公司、国网湖南省电力有限公司长沙供电分公司、国网湖南省电力有限公司经济技术研究院

本文件主要起草人：伍雄、叶林、刘小花、姚震宇、谢春光、易南健、胡弘莽、戴建斌、邓霏、屈少青、曾鹏、胡军、欧阳进、贺子琪、刘嘉、王鹏、赵林坤、雷川丽、陆雯林、湛意雄、王家悦、李贵善、陈庆华、臧振、彭勇超、陈杰、孙山峰、奉策红、蒋哲、樊海青

电缆通道技术规范

1 范围

本文件规定了电缆通道技术的总体要求，以及电缆通道的选型，直埋设计、保护管设计、电缆沟设计、电缆隧道设计、桥梁敷设设计、水下敷设设计、综合监控设计、消防、标识标牌、环境保护和水土保持、施工及验收的要求。

本文件适用于10 kV~220 kV新建电缆通道工程，电缆通道改扩建工程和综合管廊电力舱可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3096 声环境质量标准
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB 8624—2012 建筑材料及制品燃烧性能分级
- GB 8702 电磁环境控制限值
- GB/T 20878—2024 不锈钢 牌号及化学成分
- GB/T 33761 绿色产品评价通则
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB/T 50010—2010 混凝土结构设计标准（2024年版）
- GB 50011—2010 建筑抗震设计标准（2024年版）
- GB 50016—2014 建筑设计防火规范（2018年版）
- GB 50201 防洪标准
- GB 50217 电力工程电缆设计标准
- GB/T 51190 海底电力电缆输电工程设计规范
- GB 55030—2022 建筑与市政工程防水通用规范
- DLT 802.2—2017 电力电缆用导管技术条件 第2部分：玻璃纤维增强塑料电缆导管
- DLT 802.7—2023 电力电缆导管技术条件 第7部分 非开挖用塑料电缆导管
- DL/T 2520 电力管道有限空间作业安全技术规范
- DL/T 2880 电力电缆及通道防火技术要求
- DL/T 5221 城市电力电缆线路设计技术规定
- DL/T 5484 电力电缆隧道设计规程
- DL/T 5490 海底电力电缆线路设计规程
- DL/T 5776 水平定向钻敷设电力管线技术规定
- JC/T 988—2023 电缆用纤维增强复合材料保护管
- JGJ 476 建筑工程抗浮技术标准
- NB/T 11737 电力电缆隧道附属设施设计规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电缆通道 cable channel

供电电缆敷设或其他附件安置的直埋、桥梁、电缆沟、保护管、隧道、综合管廊电力舱路径，以及同路径建设的电力通信通道。

3.2

直埋 direct burying

把电缆放入开挖好的壕沟或预制槽盒中，沿线在电缆上下铺设一定厚度的细砂或土，然后盖上保护板或槽盒盖，最后回填并夯实至与地面齐平的敷设方式。

3.3

保护管 cable duct

按照通道规划断面的电缆总根数一次性建成的多孔管道地下构筑物，包括排管、定向钻拖拉管、小口径水平顶管。

3.4

排管 ductbank

在开挖壕沟内平行铺设一排或多排管道的地下构筑物。

3.5

定向钻拖拉管 directional drilling dragging ductbank

在表层开槽、清除杂填土后，由导向仪器控制定向钻机的钻头按通道设计轴线钻进，经扩孔后拖拉管道就位，完成管道敷设的地下构筑物。

3.6

工作井 manhole

专用于安置电缆接头等附件或供牵拉电缆作业所需的有盖坑式电缆构筑物。

3.7

电缆沟 cable trough

用于容纳电缆的封闭式浅埋构筑物，顶部设置与地坪相齐或稍有上下的可开启盖板。

3.8

电缆隧道 cable tunnel

容纳电缆数量较多、有供安装和巡视的通道、全封闭的地下条形构筑物。

3.9

顶管法 pipe jacking method

借助顶进装置，将预制管涵在地下逐节顶进的一种暗挖工法。

3.10

盾构法 shield method

用盾构修筑隧道的一种暗挖工法，盾构是一种在钢壳体保护下完成隧道掘进、出渣、管片拼装等作业，由主机和后配套设备组成的全断面推进式隧道施工机械设备。

3.11

矿山法 mining method

修筑隧道的一种暗挖工法。传统的矿山法指用钻眼爆破的施工方法，又称钻爆法。现代矿山法包括软土地层浅埋暗挖法和由其衍生的其他暗挖工法。

3.12

电力舱 power compartment

综合管廊中容纳110(66) kV及以上高压电力电缆线路的舱体。

3.13

出入口 entrance-exit

用于满足人员通行、电缆敷设或附属设施安装等要求的进出隧道通道口。

3.14

桥梁敷设 cable lay on bridge

利用市政桥梁或新建架空构筑物建设电缆通道，用于敷设电缆。

3.15

重要电缆线路 important cable routes

1000 kV交流输电线路；±400 kV及以上直流输电线路；核电站送出线路中至少1回线路；担任电网黑启动任务的电源送出线路中至少1回线路；电铁牵引站接入系统线路其中1回线路；对于重要输电断面，经专题研究后，确有必要的，可选择1~2回线路作为重要输电线路。

4 总体要求

4.1 电缆通道的设计应根据城市规划和电网规划的总体要求，结合自然条件、环保、节能等需求，合理进行路径选择，充分考虑功能性、安全性和经济性要求，并积极应用适宜的绿色建筑新技术。

4.2 电缆通道的建设坚持“立足规划、着眼长远、统筹建设”的原则，结合轨道交通、公路、市政道路等工程建设同步进行，按照终期规模一次性建设到位。

4.3 应在现有及规划道路路口、与其他电力通道连通处、规划变电站前等位置预留合理的接口。

4.4 电缆通道宜布置在人行道及绿化带下方。

4.5 电缆通道应减少与地下管线、铁路、轨道交通和高速公路的交叉。

4.6 电缆通道的设计应核实是否通过规划路口，位于规划路口下方的电缆通道，覆土应适当加深。

4.7 电缆保护管、电缆沟和直埋通道不应平行设置于其他管线的正上方或正下方。

4.8 电缆通道应避免临近热力管线、易燃易爆管线(输油、燃气)和腐蚀性介质的管道，最小距离应满足设计规范的要求。易燃管道、热力管线等有压力的管道不应同通道敷设。

4.9 电缆通道的设计应考虑土建和电缆的机械化施工要求。

4.10 电缆通道应进行防火设计，满足相关法律法规和规程规范的要求。

4.11 重要电缆线路宜采用独立通道敷设；由于地下空间受限需同通道多回敷设时，优先考虑重要电缆线路与一般线路同通道敷设，且不同回路电缆应两侧布置。

5 电缆通道选型

5.1 电缆通道的基本类型包括直埋、保护管、电缆沟、电缆隧道、综合管廊电力舱、桥梁、水下等。

5.2 应根据规划电缆数量、电压等级、地质条件、现场环境、施工条件、运行要求、系统要求和综合造价等因素，合理选择通道类型。

5.3 根据电缆的电压等级和数量选择通道类型时：

- a) 处于郊区等开挖较少的地段或在城镇人行道下或道路边缘，容纳少于6根35 kV及以下电力电缆的通道，可采用直埋；
- b) 容纳110 kV及以上电压等级电缆的通道不应采用直埋；
- c) 电缆根数超过24孔不应采用保护管敷设；

- d) 4 回以上的 110 kV 及以上电压等级电缆线路的通道应采用隧道型式；
- e) 220 kV 电缆原则上采用隧道型式，确因条件限制不能采用隧道的地段应对不同建设方式进行运行环境、输送容量、设备抢修、检测等方面的综合比较。

5.4 根据环境条件选择通道类型时：

- a) 地面有腐蚀性液体或熔融金属溢流的场所，有机动车等重荷载的地段，不应采用直埋和电缆沟；
- b) 有可燃粉尘弥漫的厂区内，不应采用电缆沟；
- c) 在盖板不可开启区域，不应采用电缆沟；
- d) 地下管线较多的区域，待开发、开挖较频繁的区域，不宜采用直埋；
- e) 容纳电缆数量较多，位于交通繁忙的城区道路或穿越铁路的区域，宜采用保护管、隧道或综合管廊等类型；
- f) 通过河流、水库、湖泊、海域的电缆，宜优先选择市政桥梁、堤坝、专用电缆桥、拖拉管、小口径水平顶管等通道，必要时可采用隧道或水下通道；
- g) 位于有熔化金属、高温液体溢出的场所，宜采用隧道敷设。

5.5 110 kV 及以上电压等级电缆进出线口，应与 35 kV 及以下电压等级电缆进出线口分开设置。

5.6 电力隧道或综合管廊电力舱内的 110 kV 及以上电缆多于 24 根时，宜增设舱室。

5.7 重要电缆线路与油气管线交叉或并行距离小于 30 m 时，宜采用隧道敷设，且宜分舱布置。

6 直埋设计

6.1 直埋的路径宜避开有可能使电缆受到机械性损伤、化学危害、地下电流、振动、热影响、虫鼠等危险的地段，无法避开时，应采取保护措施。

6.2 直埋电缆的埋设深度一般由地面至电缆外护套顶部的距离不小于 0.7m，穿越农田或在车行道下时不小于 1m；在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过建筑物时可浅埋，但应采取保护措施。

6.3 直埋敷设电缆穿越城市道路和铁路(轨道交通)时，应采取保护措施。

6.4 电力电缆之间，电缆与其它管道、道路、建筑物平行和交叉时的最小净距，应满足 GB 50217 的要求。

6.5 电缆周围不应有石块或其他硬质杂物及酸、碱强腐蚀物等，沿电缆全线上下各铺设 100 mm 厚的细土或沙层，并在上面加盖保护板，保护板覆盖宽度应超过电缆两侧各 50 mm，保护板宜采用混凝土。不得采用无防护措施的直埋方式。

6.6 直埋回填土应对电缆外护层无腐蚀作用。

7 保护管设计

7.1 一般规定

7.1.1 保护管包括排管、定向钻拖拉管（以下简称“拖拉管”）和小口径水平顶管等类型，不同类型保护管的采用规则如下：

- a) 在绿化带、道路和厂区内宜采用排管；
- b) 穿越河流、地下管线密集区域等不具备开挖条件时，宜采用拖拉管或小口径水平顶管；
- c) 穿越较深或较宽的水域时或电缆转弯半径要求较高时，可采用小口径水平顶管；
- d) 容纳 35 kV 及以上电缆和 18 孔及以上的排管应采用混凝土或钢筋混凝土全包封；
- e) 进度或环保要求较高时，可采用预制排管。

7.1.2 保护管应计算的荷载包括土（水）体垂直和水平荷载、各种地面荷载，拖拉管还应考虑管道铺

设的回拖力。

7.1.3 保护管断面设计应满足规划电缆数量需求并留有裕度，应合理设置通信孔，35 kV 及以上通道每回备用 1 孔。

7.1.4 电缆保护管孔道内径一般为 150 mm、175 mm、200 mm、225 mm。排管孔道内径不宜小于所容纳的单根电缆外径或多根电缆包络外径的 1.5 倍。

7.1.5 保护管上方覆土深度不应小于 0.7 m，条件允许情况下宜大于 1 m，穿越车行道时应采取铺设钢板等防外破保护措施。与电缆、管道（沟）和其他构筑物的交叉距离应满足 GB 50217 的规定。

7.1.6 小口径水平顶管内径不宜大于 1.5 m，其技术要求可参照电力隧道设计的相关要求。

7.1.7 排管与隧道和变电站接口、接头井两侧及相邻电缆井管孔应采用止水法兰进行封堵。其他工作井管口采用柔性有机防火堵料封堵，封堵应有足够的长度和密封性，以不透光为准，封堵厚度不低于 200 mm。

7.1.8 电缆保护管应采用玻璃纤维增强塑料电缆导管和改性聚丙烯塑料电缆导管。

7.1.9 玻璃纤维增强塑料电缆导管宜采用 JC/T 988—2023 中的连续缠绕 DBJ 和 DL/T 802.2—2017 中的 DB-BWFRP，改性聚丙烯塑料电缆导管宜采用 DL/T 802.7—2023 中的全新料 DF-MPP。

7.1.10 管材应自带电子芯片，芯片内应存储材质、型号、管径、厚度、生产厂家、出厂日期等信息。

7.2 排管技术要求

7.2.1 排管不宜超过 3 层，每层孔数根据规划电缆根数确定且不宜超过 10 孔。

7.2.2 排管原则上按直线铺设，如需避让障碍物时，可做成圆弧状排管，但圆弧半径不应小于 12 m；如使用硬质管材，则在两管连接处的折角不应大于 2.5° 。

7.2.3 排管端头、转弯和折角处，以及不同材质管材对接处，应设置工作井。

7.2.4 直线部分工作井之间的距离应按敷设在同一条排管中重量最重，允许牵引力和允许侧压力最小的一根电缆计算决定，宜为 50 m ~80 m。排管连接处应设立管枕。

7.2.5 排管地基承载力不满足要求时，应进行地基处理。

7.2.6 排管纵向排水坡度不宜小于 0.2%。

7.2.7 排管外包混凝土强度等级不应低于 C25，垫层混凝土强度等级不应低于 C15 且厚度不宜小于 100 mm。

7.2.8 排管受力钢筋强度等级不应低于 HRB400。箍筋及构造钢筋强度等级不应低于 HPB300，优先选用变形钢筋。

7.2.9 预制排管整体结构强度应满足荷载要求、其连接金属件应采取防腐措施。

7.3 拖拉管技术要求

7.3.1 拖拉管进行路径选择时应查明拟穿越地段的土层结构、分布特征、工程地质条件、地震设防烈度和土的物理力学性指标。

7.3.2 应查明管道拟穿越地段的建筑基础、地下障碍物及各类管线（包括已建和规划）的平面位置和走向、类型名称、埋设深度、材料和尺寸等。

7.3.3 35 kV~110 kV 电缆通道不宜采用拖拉管，220 kV 及以上电缆通道不应采用拖拉管。

7.3.4 拖拉管与建（构）筑物及地下管线允许最小净距应符合 DL/T 5776—2018 附录 A 的规定。

7.3.5 不宜连续设置 3 段及以上拖拉管。拖拉管两端工作井不应布置电力电缆接头。

7.3.6 同期施工的相邻两条回扩孔之间净距离不宜小于 1.5 倍回扩孔直径。

7.3.7 拖拉管钻越河道、高速公路、铁路时长度不应超过 180 m，其他情况不应超过 150 m，应预留不少于 1 个抢修备用孔。

7.3.8 拖拉管两侧工作井内管口应与井壁齐平、两侧管口一一对应。

- 7.3.9 拖拉管两侧工作井内管口应预留牵引绳，并进行对应编号挂牌。
- 7.3.10 非开挖定向钻拖拉管出入口 3 m 范围，应有配筋混凝土包封保护措施，7 m 范围宜配有素混凝土包封。
- 7.3.11 拖拉管选材、壁厚等技术参数应符合设计要求，综合考虑沉降、承重等影响因素。
- 7.3.12 拖拉管的设计应符合 DL/T 5776 的要求。

7.4 水平顶管技术要求

- 7.4.1 水平顶管出入口处宜设置地面构筑物，方便运维人员进出。
- 7.4.2 水平顶管出入口处高度应高于绿化带地面至少 300 mm，并设置电力警示标识。
- 7.4.3 水平顶管工作井高度超过 5.0 m 时应设置多层平台，每层设固定式楼梯。
- 7.4.4 水平顶管工作井宜设置防坠落措施。
- 7.4.5 水平顶管工作井顶盖板处应设置 2 个安全孔，安全孔内径应不小于 800 mm；井盖采用金属材质，设置二层子盖，井盖的设置宜使非专业人员难以开启。
- 7.4.6 水平顶管结构应符合设计要求，坚实牢固，无开裂或漏水痕迹。
- 7.4.7 水平顶管工作井内宜配置通风、照明及气体监测装置。
- 7.4.8 水平顶管工作井宜设置监控控制室，实现井盖、排水、通风等系统的集中控制、远程开启、异常告警等功能。

7.5 工作井技术要求

- 7.5.1 根据规划需求，应在规划路口、线路交叉地段，合理设置三通井、四通井等构筑物进行接口留、线路交叉。
- 7.5.2 设置工作井间距时应考虑电缆交叉换位、运维抢修和绿色环保需求。
- 7.5.3 封闭式工作井的内高不宜小于 1.9 m。
- 7.5.4 每座工作井应设接地装置。安装在工作井内的金属构件应用镀锌扁铁与接地装置连接，接地电阻不应大于 10 Ω 。
- 7.5.5 每座封闭式工作井的顶板应设置至少两个内径不小于 700 mm 的人孔。
- 7.5.6 工作井宜设置在检修人员或车辆可以到达的区域。
- 7.5.7 设置在绿化带内时，封闭式工作井人孔出口处高度应高于绿化带地面至少 300 mm，敞开式工作井不应不高于绿化带地面。
- 7.5.8 工作井（含井筒）应采用钢筋混凝土结构，设计使用年限不应低于 50 年；防水等级不应低于 GB 55030—2022 中规定的三级。
- 7.5.9 井盖宜使用球磨铸铁井盖。
- 7.5.10 保护管接入工作井部分应垂直于工作井端墙。
- 7.5.11 工作井内上管孔与盖板间距宜大于 200 mm，下管孔与底板的间距宜大于 300 mm。

8 电缆沟设计

8.1 一般规定

- 8.1.1 电缆沟断面设计应满足规划容纳电缆和光缆数量、布置方式的要求，并留有裕度。
- 8.1.2 电缆沟宜在其他通道受限的情况使用，一般敷设于变电站内、变电站出线至电缆终端塔等区域，电缆沟长度不宜大于 200 m。
- 8.1.3 电缆沟应采用钢筋混凝土型式。在盖板不可开启区域，应选择其他通道。
- 8.1.4 电缆沟内施工通道的净宽、电缆支架的布置尺寸应符合 GB 50217 的规定。

- 8.1.5 净深小于 0.6 m 的电缆沟，可把电缆敷设在底板上，不设支架和施工通道。
- 8.1.6 在不增加电缆导体截面且满足输送容量要求的前提下，电缆沟内可回填细砂。
- 8.1.7 电缆沟的设计应满足 GB 50217、DL/T 5221 的要求。

8.2 总体设计

- 8.2.1 电缆沟混凝土强度等级不应低于 GB/T 50010—2010 中规定的 C25，垫层混凝土强度等级不应低于 C15 且厚度不宜小于 100 mm。
- 8.2.2 受力钢筋强度等级不应低于 GB/T 50010—2010 中规定的 HRB400，箍筋及构造钢筋强度等级不应低于 HPB300。
- 8.2.3 伸缩缝及竖向施工缝应根据电缆沟的长度、结构形式等情况进行设置。在伸缩缝、施工缝处应设置止水橡胶等材料或采取其它适当的防水措施。
- 8.2.4 电缆沟侧墙在盖板的搁置位置应采取适当的支口保护措施。

8.3 附属设施

- 8.3.1 电缆沟盖板应采用钢筋混凝土预制件。
- 8.3.2 电缆沟盖板的尺寸应与电缆沟尺寸匹配，单块重量不宜超过 50 kg。
- 8.3.3 电缆立柱和支架应采用 C 型槽钢，工作电流大于 1500 A 时横向支架应采用 GB/T 20878—2024 标准中统一数字代号为 S30408 的奥氏体不锈钢。
- 8.3.4 电缆沟应排水畅通，底板纵向排水坡度不应小于 0.5%。
- 8.3.5 沿排水方向在标高最低部位宜设置集水坑及泄水系统。
- 8.3.6 电缆沟应合理设置接地装置，接地电阻应小于 4 Ω 。

9 电缆隧道设计

9.1 一般规定

- 9.1.1 电缆隧道应符合电缆敷设、检修及运行维护要求，并具有必要的安全防护等设施。
- 9.1.2 电缆隧道的净空尺寸应满足电网远景规划要求，应符合 GB 50217、DL/T 5221 的相关规定，满足施工工艺、结构变形和位移等要求。
- 9.1.3 电缆隧道主体结构工程设计使用年限应为 100 年。
- 9.1.4 电缆隧道应按表 1 规定的结构安全等级进行设计。

表 1 电缆隧道的结构安全等级

结构安全等级	重要程度	结构重要性系数	隧道类型
一级	重要	1.1	500 kV 电缆隧道、所属区域特别重要的电缆隧道(破坏后对社会或环境影响很大)、为特殊用户供电的电缆隧道等
二级	一般	1.0	其余电缆隧道

- 9.1.5 电缆隧道应采用全封闭的防水设计，防水等级不应低于 GB 55030—2022 中规定的二级。
- 9.1.6 电缆隧道火灾危险性类别不应低于 GB 50016—2014 中规定的戊类。
- 9.1.7 电缆隧道应按不低于 GB 50011—2010 中规定的丙类建筑物进行抗震设计。

- 9.1.8 电缆隧道结构构件的裂缝控制等级应不低于 GB/T 50010-2010 中规定的三级。
- 9.1.9 电缆隧道的抗浮设计应满足 JGJ 476 的要求。抗浮计算时不应计入内部管线和设备的自重。
- 9.1.10 电缆隧道主体结构的混凝土强度等级应满足 DL/T 5484 的要求。
- 9.1.11 隧道最小弯曲半径，应满足隧道内敷设的最大截面电缆允许弯曲半径的要求。
- 9.1.12 涉水隧道应进行防洪影响评价，并满足 GB 50201 的要求。
- 9.1.13 电缆隧道的设计应满足 GB 50217、DL/T 5221、DL/T 5484、NB/T 11737 的要求。

9.2 总体设计

- 9.2.1 隧道路径的设计应结合电网规划和城市规划，并考虑地形、地质、地下管线、环境、施工、造价和运维等因素。
- 9.2.2 路径平面中心线宜与道路、铁路、轨道交通中心线平行。电缆隧道宜垂直穿越道路、铁路、轨道交通和其它重要地下管线；受条件限制时可斜向穿越，最小交叉角不宜小于 60° 。
- 9.2.3 电缆隧道施工工法应结合隧道场地的工程地质、水文地质、环境条件、隧道埋深、工程安全、交通条件、投资和工期等因素，进行技术和经济综合比较后确定。
- 9.2.4 电缆隧道纵坡设计应满足排水要求，最小纵坡不宜小于 0.3%；当坡度超过 10° ，应在人员通道部位设置防滑地坪或者台阶。
- 9.2.5 高落差地段的电缆隧道中，纵向坡度不宜大于 15° 。
- 9.2.6 电缆隧道工作井应结合整体工程筹划、实施条件、投资造价和周边环境等因素合理设置，其布置可综合考虑检修口、逃生口、吊装口、排水、通风设施及隧道施工和运行维护等需求。
- 9.2.7 隧道内顶板、底板、保护管接口部位应预埋供吊装电缆用的吊环及供电缆敷设用的拉环。
- 9.2.8 吊环和拉环设置的间距宜为 75 m 或合适位置。
- 9.2.9 隧道出入口分为吊装口、管线进出口、通风口、检修口、逃生口。
- 9.2.10 所有隧道出入口中：
 - a) 地面建筑应根据其所处地段的地形、地貌条件和环境要求，选择与周边环境、景观相协调的结构形式和建筑造型及色彩；
 - b) 地面建筑宜设置在靠近交通运输方便的地方；
 - c) 地面建筑应布置紧凑，节约用地，不占或少占经济效益高的土地；
 - d) 检修口、通风口的开口、沿口标高宜高出室外地面地坪 500 mm 以上，并采取防止地面水倒灌的措施，满足内涝防治重现期不少于 100 年的防内涝要求。
- 9.2.11 吊装口：
 - a) 在非放线施工的状态下，应作好封堵，并设置防止雨、雪、地表水和小动物进入室内的设施；
 - b) 设置不应城市景观、交通疏导、市政管线运营等造成严重影响；
 - c) 间距宜取 500 m~1000 m，平面尺寸不宜小于 1.0 m×1.0 m；
 - d) 为圆形时，内径不应小于 1.0 m；
 - e) 应满足电缆不同期敷设时作业所需空间要求以及设备、材料进出的空间要求。
- 9.2.12 管线进出口：
 - a) 接入隧道的供电缆设计应满足各个方向的电缆规划进出线需求。
 - b) 接入隧道的供电缆应采用穿墙套管。
 - c) 与直埋电缆、电缆保护管、电缆沟等较浅电缆通道对接时宜设置过渡井，过渡井宜与工作井本体同步设计；
 - d) 接入隧道的供通信、排水等管线设计应根据所需管线的要求，随土建同步建设预留。
 - e) 应满足管线接入、引出隧道时防水封堵的要求；
 - f) 尺寸及埋深应结合电缆在隧道外敷设的土建型式确定，并满足电缆敷设作业所需空间；

g) 的结构应有防止产生不均匀沉降的措施。

9.2.13 通风口：

- a) 设置应满足通风区段的划分、隧道工作井的设置、城市规划要求、地面环境景观及环境噪声要求等因素的要求。
- b) 尺寸应满足隧道正常运行及消防通风的要求；
- c) 宜根据隧道长度均匀布置；
- d) 布置可结合检修口、逃生口一并设置，也可单独设置；
- e) 宜与现有或规划建筑合建，减少对城市景观的影响。

9.2.14 检修口：

- a) 宜在变电站、电缆终端站以及路径上方每间隔 1 公里设置 1 个；
- b) 沿隧道纵长设置的不应少于 2 个；
- c) 下方应设置方便运行人员上下的楼梯；
- d) 设置应满足防盗、防强行进入的要求；
- e) 设置应满足火灾时人员疏散以及平时运行和维护的需要，当检修口用作设备、材料等的进出口时，检修口内的梯道、通道尺寸应满足人员搬运设备、材料等的通行要求；
- f) 兼作通风工作井与通风口时，出入口内不宜设置混凝土楼梯；
- g) 地面设置不与楼梯间合用的独立风亭时，风亭宜与地面出入口贴临设置；
- h) 可兼做逃生口；
- i) 的设置面积不宜小于 9 m^2 ，高度不低于 3 m。

9.2.15 逃生口：

- a) 间距不宜超过 200 m，采用非明挖隧道时可适当加大间距；隧道首末两端无安全门时，宜在距离端部不大于 5 m 处设置逃生口；
- b) 可采用爬梯搭配人孔井的型式；
- c) 宜设置于绿化带，也可以设置于机动车道、非机动车道或者人行步道上；
- d) 沿隧道纵长不应小于 2 个；
- e) 的设置宜避开公共交通设施；
- f) 宜为圆形，内径宜为 1 m，条件受限时不应小于 0.7 m。

9.3 附属设施

9.3.1 电缆隧道内应使用一个总的综合接地网，接地电阻不宜大于 1Ω 。

9.3.2 隧道内的金属构件和固定式电器用具均应与接地网连通。

9.3.3 接地网应使用截面不小于 $60 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ 的热镀锌扁钢，在现场电焊搭接，不应使用螺栓搭接。

9.3.4 电缆立柱和支架应符合 8.3.3 的要求。

9.3.5 电缆隧道内可采用自然通风或机械通风方式，自然通风方式要求通风区域较短，且进、排风口高差应保证足够余压使隧道内空气产生有效流动。

9.3.6 电缆隧道机械通风系统：

- a) 排风温度不应超过 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ ；进排风温差不应超过 $10 \text{ }^\circ\text{C}$ ；
- b) 宜使隧道内最小断面处风速不大于 5 m/s ；
- c) 风机房宜布置于隧道上层，当条件受限设置于隧道最底层时，应考虑防潮及防水淹措施；
- d) 进风口应直接设在室外空气较洁净的地点，风口 5 m 范围内不应有阻挡通风气流的建筑物；
- e) 通风口应设置有防止小动物进入隧道的金属网格，网孔净尺寸不应大于 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ ；
- f) 排风口宜避免直接吹到行人或附近建筑，直接朝向人行道的排风口出风速度不宜超过 3 m/s ；
- g) 通风机应具备就地、自动启动和远程控制功能；

h) 就地控制系统宜布置在出入口位置。

9.3.7 电缆隧道应设置自动排水系统，排水应就近排入市政排水系统，并采取防倒灌措施。

9.3.8 电缆隧道自动排水系统：

- a) 应设置排水明沟或暗管等排水设施，并应汇入集水井(坑)，排水明沟的坡度不应小于 3‰；
- b) 集水井(坑)应结合隧道工作井、出入口、通风口及隧道纵坡最低处等设置；
- c) 集水井(坑)处应设置用于启停泵控制及报警液位测量的水位传感器，排水区间地势最低处应设置水位传感器；
- d) 集水井(坑)内潜水排水泵应采用一用一备；
- e) 宜选用带自动搅拌功能的潜水排污泵，宜采用自动和就地控制方式，必要时可远程控制；
- f) 排水泵出水管路上应设逆止阀；
- g) 排水管材宜采用镀锌钢管、钢塑复合管，螺纹或沟槽式连接，接口宜采用刚性连接。

9.3.9 电缆隧道照明系统：

- a) 在隧道内应设置正常照明、疏散照明和疏散指示标志；
- b) 在隧道内照明应具备本地控制和远程控制功能；
- c) 照明灯具应为防潮防爆型；
- d) 人行通道上的正常照明平均照度不应小于 15 lx，最低照度不应小于 5 lx；
- e) 出入口和设备操作处的局部照度不宜小于 100 lx；
- f) 疏散照明照度不应小于 5 lx，应急电源持续供电时间不应小于 1.0 h；
- g) 照明灯具的电源应由两路电源交叉供电，并采用分段控制。
- h) 照明灯具和照明配电箱、控制箱的防护等级不应小于 GB/T 4208—2017 中规定的 IP54 级；
- i) 疏散照明和疏散指示系统的灯具及其连接附件的防护等级不应低于 GB/T 4208—2017 中规定的 IP65 级，在隧道地面设置时不应低于 IP67 级；
- j) 应急照明配电箱、应急照明集中电源、应急照明控制器设置于隧道内时，其防护等级不应低于 GB/T 4208—2017 中规定的 IP65 级。

9.3.10 电缆隧道供电系统：

- a) 的低压配电系统宜采用专用变压器、双电源供电，相邻受电电源点的供电分界宜在两个工作井隧道区段的中点处；
- b) 两路电源同时运行，每路电源均应满足该供电范围内全部设备同时投入时用电的需要；
- c) 对电缆隧道消防设备宜按一级负荷供电，采用一级负荷供电有困难时，供电等级可采用二级；附属设施设计用电负荷宜按三级考虑；
- d) 电源应满足该供电范围内全部设备同时投入时用电的需要。
- e) 的低压配电系统电压为 380 V/220 V，宜使三相负荷平衡；
- f) 电源配电箱和低压配电箱外壳防护等级不应低于 GB/T 4208—2017 中规定的 IP54 级；
- g) 电源配电箱和低压配电箱内每回路宜设漏电保护装置；
- h) 照明、插座、风机、水泵及消防控制箱回路均应接自不同回路。

9.3.11 隧道内应设置固定语音通信系统，并具有与监控主站平台通讯的功能。

9.3.12 隧道内宜覆盖公共通信运营商信号。

9.3.13 电缆隧道固定语音通讯系统：

- a) 宜在每个通风区间设置一台固定通信终端，两台固定通信终端间距不宜大于 200 米；
- b) 固定通信终端不应被其他管线和设备遮挡；

10 桥梁敷设设计

10.1 新建电缆桥

- 10.1.1 电缆桥宜选择河宽较窄的地段。
- 10.1.2 跨越通航河道桥梁应进行通航评估。
- 10.1.3 采用电缆桥或随桥敷设电缆，应采取避免电缆受到日晒、雨淋等的防护措施。
- 10.1.4 电缆桥的跨径布置宜与附近桥梁一致。
- 10.1.5 电缆桥两侧接收竖井或电缆沟空间应满足电缆弯曲半径的要求。
- 10.1.6 电缆桥架钢材应平直，无明显扭曲、变形，并进行防腐处理，连接螺栓应采用防盗型螺栓。
- 10.1.7 电缆桥架两侧围栏应安装到位，宜选用不可回收的材质，并在两侧悬挂“高压危险禁止攀登”的警告牌。
- 10.1.8 电缆桥架两侧基础保护帽应用混凝土浇筑到位。
- 10.1.9 当直线段钢制电缆桥架超过 30 m、铝合金电缆桥架超过 15 m 时，应有伸缩缝，其连接宜采用伸缩连接板。
- 10.1.10 电缆桥架跨越建筑物伸缩缝处应设置伸缩缝。
- 10.1.11 电缆桥架全线均应有良好的接地。
- 10.1.12 电缆桥架转弯处的转弯半径，不应小于该桥架上的电缆最小允许弯曲半径的最大者。
- 10.1.13 悬吊架设的电缆与桥梁架构之间的净距不应小于 0.5 m。
- 10.1.14 桥架电缆保护管材应采用 GB 8624—2012 中规定的阻燃性能分级为 B₁ 级的难燃制品。

10.2 利用桥梁敷设

- 10.2.1 采取有效的安全防护措施后，可在桥梁上敷设 10 kV 及以下电缆。
- 10.2.2 在桥梁上敷设 10 kV 以上电缆，应作可行性、安全性专题论证，并报主管部门批准。
- 10.2.3 安全性专题论证应至少包含电缆对桥梁的影响评估、桥梁对电缆的影响评估、电磁环境影响评估、事故工况下桥与电缆的相互影响评估。
- 10.2.4 电缆通道在桥墩两端和伸缩缝处应设置伸缩弧。
- 10.2.5 桥上电缆伸缩补偿装置的设置应以桥梁结构为主体，按照桥桁的最大伸缩长度，合理的设置伸缩弧的尺寸，满足电缆弯曲半径及金属护套不发生疲劳应变的要求。
- 10.2.6 桥梁上电缆支架的布置间距，应避免电缆和桥梁之间产生谐振。电缆支架应采取加沙枕、橡胶垫等防振措施。
- 10.2.7 露天敷设时应避免太阳直接照射，并加装遮阳罩。

11 水下敷设设计

- 11.1 水下敷设可参考 GB/T 51190 和 DL/T 5490 进行设计。
- 11.2 水下敷设水域段路径：
 - a) 宜选在流速较缓，河床地形起伏不大，河床稳定的河段；
 - b) 宜避开岩礁、沉船等人工和自然障碍物、渔业和其他作业区域以及锚地；
 - c) 宜避开码头、渡口、疏浚挖泥、规划筑港地带和水工建筑物、工厂排水口、取水口附近。
- 11.3 水下敷设登陆段路径：
 - a) 宜选在河岸稳定、不易被冲刷、不易被撞击的岸滩；
 - b) 宜选在施工船可靠近的区域；
 - c) 应避开对电缆有损害的腐蚀污染区和开发活动区。
- 11.4 登陆位置附近宜有便于施工作业和维护的道路；
- 11.5 在码头、锚地、港湾、渡口及有船停泊处敷设电缆时，应采取保护措施。

11.6 水下电缆埋深应满足河道冲刷和远期规划的要求，并应加以稳固覆盖保护。

11.7 水下电缆之间不应交叉、重叠，水下电缆平行敷设的间距应符合 GB 50217 的要求。

11.8 水下电缆引至岸上的区段防护措施如下：

- a) 岸边稳定时，应采用保护管、沟槽敷设电缆，必要时可设置工作井连接，管沟下端应置于最低水位下不小于 1 m 处；
- b) 岸边不稳定时，宜采取迂回形式敷设电缆。

12 综合监控设计

12.1 根据高压电缆通道内的电缆全部失电后对电网运行或用户供电造成的影响程度，宜将高压电缆通道分为以下三级。

- a) 一级高压电缆通道，指：
 - 1) 因通道原因可造成四级及以上电网事件的高压电缆通道；
 - 2) 因通道原因可造成 220 kV 及以上变电站全停的高压电缆通道，或造成 3 座及以上 110 kV 变电站全停的高压电缆通道；
 - 3) 因通道原因可造成特级和一级客户(含各电压等级电缆直供)失电的高压电缆通道。
- b) 二级高压电缆通道，指：
 - 1) 因通道原因可造成五级电网事件的高压电缆通道；
 - 2) 因通道原因可造成 2 座及以下 110 kV 变电站全停的高压电缆通道；
 - 3) 一级电缆所在的通道，且不会因通道原因造成该一级电缆直供变电站或客户失电的高压电缆通道；
 - 4) 因通道原因可造成二级客户(含各电压等级电缆直供)失电的高压电缆通道。
- c) 三级高压电缆通道是指未列入一、二级的 110 kV 及以上高压电缆通道。

12.2 高压电缆通道综合监控系统配置原则如表 2：

表 2 高压电缆通道综合监控系统配置原则

监测装置	通道类型/等级											
	保护管			电缆沟			桥架			隧道		
	一级	二级	三级	一级	二级	三级	一级	二级	三级	一级	二级	三级
井盖监控	△	△	△	—	—	—	—	—	—	●	●	△
可视化监测装置	○	○	△	○	○	△	○	○	△	●	△	—
振动监测装置	○	△	△	○	△	△	○	△	△	△	△	—
沉降监测装置	○	△	△	○	△	△	○	△	△	△	△	—
测温系统	△	—	—	△	—	—	△	—	—	●	●	●
火灾报警	△	—	—	△	—	—	△	—	—	●	●	●
重点区域自动灭火装置	△	—	—	△	—	—	△	—	—	●	●	●
智能门禁	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	△
水位监测装置	△	—	—	△	—	—	—	—	—	●	●	○
自动排水	△	—	—	△	—	—	—	—	—	●	●	●

有毒有害气体检测装置	△	—	—	△	—	—	—	—	—	●	●	●
通风系统	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	●	●
无线通信	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●	○	○
智能巡检机器人 ^a	—	—	—	—	—	—	—	—	—	△	—	—
注：●表示应安装，○表示宜安装，△表示可安装，—表示不安装。												
^a 长度达到 1 km 及以上的电力隧道应安装智能巡检机器人。												

13 消防

- 13.1 电缆通道的消防应满足 GB 50217、DL/T 5221、DL/T 2880、DL/T 5484、NB/T 11737 的要求。
- 13.2 电缆隧道、沟、竖井及管廊应做好防火分隔和封堵，防火分隔和封堵要求应满足 GB 50217—2018 中 7.0.2 和 7.0.3 的要求。
- 13.3 对重要电缆线路、易受外部火灾影响的电缆密集场所，应有适当的阻火分隔。阻火分隔包括防火门、防火墙、耐火隔板与封闭式防火槽盒等。
- 13.4 控制电缆、低压电源线、通信光缆与电力电缆之间应有耐火隔板、封闭式防火槽盒、阻燃子管等阻火分隔措施。
- 13.5 在电缆密集、接头区等防火要求较高的部位，宜设置手提式干粉灭火器、悬挂式干粉灭火器、细水雾等专用消防设置。
- 13.6 电缆隧道中应设置火灾自动报警系统，火灾时可联动关闭风机。接头区域宜加装自动灭火装置。

14 标识标牌

14.1 一般规定

- 14.1.1 电缆标志设置应规范统一、牢固、醒目，适应使用环境的要求并便于生产运维，不应伤害人身、危及设备，或妨碍正常工作。
- 14.1.2 通道标志配置应因地制宜，满足电缆运行工作的实际需求，可采用标志桩(牌)、标志砖、标志块(贴)等。
- 14.1.3 电缆路径、警示标志应在通道两侧对称设置，设置位置为通道结构外延的正上方。
- 14.1.4 电缆通道标志安装位置应面向巡线侧或易于巡线员观察。
- 14.1.5 标志桩露出地面宜为 500 mm。

14.2 直埋

- 14.2.1 直埋敷设的电缆上方沿线土层内应铺设带有电力标志的警示带。
- 14.2.2 警示带宜距保护板上层 300 mm 左右。
- 14.2.3 直线段每隔 30 m 以内，接头处、转弯处、交叉处、进入建筑物等处，应设置相应的电缆路径标志牌或标示桩。

14.3 保护管

- 14.3.1 排管敷设的电缆上方沿线土层内应铺设带有电力标志的警示带。
- 14.3.2 警示带宜距排管或混凝土包封上层 300 mm 左右。

14.3.3 排管直线段每隔 30 m 以内，拖拉管每隔 15 m 以内，转弯处、头尾处、分叉处、接头工作井处应设置电缆路径标示牌。

14.4 电缆沟

直线段每隔 50 m 以内、拐弯处、头尾处、分叉处、中间接头工作井及集水井(强排井)处应设置电缆路径标志牌。

14.5 隧道和综合管廊

14.5.1 隧道出入口、拐弯处、头尾处、分叉处、工作井内部两端、防火门、隧道内每隔 50 m 段与必要处应设置“出入口指示牌”“逃生方向指示牌”“避险处”等提示标志。

14.5.2 隧道出入口应设置注明建设时间、规模、容量及总平面和标准横断面的标识牌，以及“检测有害气体”“注意通风”“注意佩戴安全帽”“严禁烟火”等提示标志牌。

14.5.3 隧道内通风、照明、排水和综合监控等设备应设置设备标志牌，标志牌内容应包括设备名称、投运日期、生产厂家、编号等基本信息。

14.6 桥梁敷设

14.6.1 桥架两端醒目位置应设置“高压危险、禁止攀登”等警示标志，道路及重要交跨上方的桥架应喷涂黄黑相间警示条纹。

14.6.2 跨河(江)通航桥架两侧醒目位置应设置“航道安全警示”等标志。

14.7 水下敷设

14.7.1 水底电缆应在醒目位置设置“禁止抛锚”“禁止开挖”“禁止作业”等标志。

14.7.2 标志宜具有夜间可视功能，尺寸应满足观察者清晰可见的要求。

14.7.3 水底电缆的两岸，在电缆线路保护区外侧，应设置醒目的禁锚警告标志。

15 环境保护和水土保持

15.1 电缆通道的设计应减少对环境的影响和对资源的占用。

15.2 电力电缆通道建成并敷设电缆后，周边环境的工频电磁场强度应符合 GB 8702 的有关规定。

15.3 选用的工程用材料、设备应为通过 GB/T 33761 评价的产品。

15.4 电缆通道宜采用机械化施工、预制拼装等技术。

15.5 隧道内的通风系统应采用低噪声风机并宜配合隔声、吸声等降噪措施，通风噪声对周围环境的影响应符合 GB 3096 的有关规定。

16 施工及验收

16.1 一般规定

16.1.1 直埋、排管敷设的电缆上方沿线土层内应铺设带有电力标识的警示带。

16.1.2 电缆通道采用钢筋混凝土型式时，其伸缩(变形)缝应满足密封、防水、适应变形、施工方便、检修容易等要求，施工缝、穿墙管、预留孔等细部结构应采取相应的止水、防水措施。

16.1.3 电缆通道验收时应做好下列资料的验收和归档：

- a) 电缆通道走廊及城市规划部门批准文件，包括建设规划许可证、规划部门对于电缆及通道路径的批复文件、施工许可证等。

- b) 完整的设计资料，包括初步设计、施工图及设计变更文件、设计审查文件等。
 - c) 电缆及通道沿线施工与有关单位签署的各种协议文件。
 - d) 工程施工监理文件、质量文件及各种施工原始记录。
 - e) 隐蔽工程中间验收记录及签证书。
 - f) 施工缺陷处理记录及附图。
 - g) 电缆通道竣工图纸应提供电子版，三维坐标测量成果。
- 16.1.4 电缆通道竣工图纸应提供电子版，三维坐标测量成果。
- 16.1.5 三维坐标测量成果应包括两端工作井的绝对标高、断面图、定向孔数量、平面位置、走向、埋深、高程、规格、材质和管束范围等信息。
- 16.1.6 电缆及通道竣工图纸和路径图，比例尺宜为 1:500，地下管线密集地段宜为 1:100，管线稀少地段宜为 1:1000；在房屋内及变电站附近的路径宜用 1:50 的比例尺绘制。
- 16.1.7 建设单位应在工程竣工前根据运维单位管理需求提供电缆通道、工作井的名称和经纬度等建立电缆通道地理信息系统所需的土建资料。
- 16.2 直埋**
- 16.2.1 电缆相互之间，电缆与其他管线、构筑物基础等最小允许间距应满足 GB 50217 的要求。
- 16.2.2 电缆周围不应有石块或其他硬质杂物及酸、碱强腐蚀物等。
- 16.3 保护管**
- 16.3.1 采取(钢筋)混凝土全封装防护的排管，封装防护应完好。
- 16.3.2 拖拉管两侧工作井内标识、牵引绳、管控封堵应完好。
- 16.3.3 拖拉管两侧工作井处、轨迹走向上的标志标识应完好。
- 16.3.4 拖拉管铺设管道施工的中线应与设计文件的中线相符，施工的边线不得超过规划部门批复的允许走廊红线。
- 16.3.5 施工单位在实施电缆通道拉管施工时，应携带北斗定位仪等仪器设备进行可靠现场定位，同步做好电缆路径标志，开展通道三维测绘。
- 16.3.6 三维测绘采集数据包括但不限于两端工作井的绝对标高、断面图、定向孔数量、平面位置、走向、埋深、高程、规格、材质和管束范围等信息。
- 16.3.7 拖拉管的施工和验收应符合 DL/T 5776 的要求。
- 16.3.8 保护管要求管孔无杂物，管材内部应光滑无毛刺，管口应无毛刺和尖锐棱角，管材动摩擦系数应符合 GB 50217 规定，疏通检查无明显拖拉障碍。
- 16.3.9 保护管径向段应无明显沉降、开裂等迹象。
- 16.4 电缆沟和工作井**
- 16.4.1 电缆沟和工作井应无倾斜、变形及塌陷现象，井壁立面应平整光滑，无突出铁钉、蜂窝等现象，井底平整干净，无杂物。
- 16.4.2 盖板表面应平整，电力警示标识、拉环应完好。
- 16.4.3 电缆沟和工作井内应无其他产权单位管道穿越。
- 16.4.4 井室和沟体中设置的安全警示标识标牌应完好。
- 16.4.5 井盖和露面盖板应与人行道、慢车道、快车道平齐。
- 16.4.6 工作井内爬梯应无锈蚀、部件缺失等情况。
- 16.5 电缆隧道**

- 16.5.1 隧道内应无积水，无漏水。
- 16.5.2 隧道内可燃、有害气体的成分和含量应符合 DL/T 2520 的要求。
- 16.5.3 隧道内不应有热力、燃气等其他管道。
- 16.5.4 隧道配套各类监控系统应安装到位，调试、运行正常。
- 16.5.5 隧道接头区域的自动灭火装置(如有)应完好。
- 16.5.6 隧道内各类楼梯、护栏、爬梯、护笼应完好。

16.6 桥梁敷设

- 16.6.1 新建电缆桥架如下：
 - a) 电缆桥架钢材应平直，无明显扭曲、变形，防腐措施良好。
 - b) 电缆桥架两侧围栏、警告牌应完好。
 - c) 电缆桥架两侧基础保护帽应完好。
 - d) 电缆桥架上电缆保护管、遮阳设施应完好。
- 16.6.2 利旧桥梁要求如下：
 - a) 电缆衬垫(如沙枕、弹性橡胶等)、遮阳罩应完好齐备。
 - b) 桥梁上电缆伸缩弧设施应完好。

16.7 水下敷设

水底电缆敷设应在小潮汛、憩流或枯水期进行，并应视线清晰，风力小于五级。

16.8 综合监控

电缆通道的综合监控应与主体工程同时设计、同时施工、同时验收。

16.9 消防

- 16.9.1 电缆通道的消防设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时验收，消防设施未验收合格的电缆线路不得投入运行。
- 16.9.2 在封堵电缆孔洞时，封堵应严实可靠，不应有明显的裂缝和可见的缝隙，孔洞较大者应加耐火衬板后再进行封堵。

16.10 标识标牌

- 16.10.1 标识和警示牌规格宜统一，字迹清晰，防腐不易脱落，挂装牢固。
- 16.10.2 电缆隧道内通风、照明、排水和综合监控等设备应挂设铭牌。
- 16.10.3 铭牌内容应包括设备名称、投运日期、生产厂家等基本信息。
- 16.10.4 在各类钢架桥、钢拱桥两侧围栏处需安装包含“高压危险，禁止攀登”等标志的警示牌。